

RESISTENCIA COMPRESIVA DE 2 TIPOS DE RESINA FLUIDA EN ELEVACIÓN
DE MARGEN PROFUNDO A DIFERENTES ESPESORES RESTAURADOS CON
INCRUSTACIONES IMPRESAS EN RESINA 3D

COMPRESSIVE STRENGTH OF TWO TYPES OF FLOWABLE RESIN IN DEEP
MARGIN ELEVATION AT DIFFERENT THICKNESSES RESTORED WITH 3D-
PRINTED RESIN INLAYS

Carlos Eduardo Martínez Gärtner¹; Camilo Andres Romo Pérez²; Maira Alejandra Ovalle Rojas³; Stefanny Prada Correa³

1. Odontólogo, especialista en rehabilitación oral. Pontificia Universidad Javeriana

2. Odontólogo, especialista en Pedagogía y Docencia, Magíster en Epidemiología
Universidad del Magdalena – Fundación Universitaria del Área Andina.

3. Odontólogos. Estudiantes de la especialización en Prostodoncia Institución
Universitaria Colegios de Colombia, UNICOC. Bogotá

RESISTENCIA COMPRESIVA DE 2 TIPOS DE RESINA FLUIDA EN ELEVACIÓN DE MARGEN PROFUNDO A DIFERENTES ESPESORES RESTAURADOS CON INCRUSTACIONES IMPRESAS EN RESINA 3D

Resumen

Objetivo: Este estudio busca determinar la resistencia compresiva de dos resinas de baja viscosidad en la elevación del margen profundo

Métodos: Se realizaron preparaciones de cavidades clase II con márgenes proximales profundos a 1 mm y 2 mm por debajo de la unión amelo-cementaria en 48 primeros premolares superiores impresos en resina 3D. Se emplearon dos tipos de resinas fluidas de baja viscosidad (Bulk Flow y EverX Flow) para la elevación del margen profundo, conformando cuatro grupos experimentales ($n = 12$). Las restauraciones indirectas se elaboraron en resina impresa 3D (VarseoSmile Crown Plus) mediante diseño y fabricación asistida por computador (CAD-CAM). Las muestras fueron sometidas a ensayo de resistencia compresiva utilizando una máquina universal de ensayos (INSTRON), aplicando la carga axial hasta el fallo. Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva y análisis inferencial, comprobando la normalidad de la distribución con la prueba Shapiro-Wilk. Posteriormente, se aplicó un ANOVA de una vía y la prueba post hoc de Tukey para determinar diferencias significativas entre los grupos ($p < 0.05$).

Resultados: El análisis mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados ($p = 0,013$). La resina Ever X Flow a 1 mm obtuvo la mayor resistencia compresiva (795,1 MPa), superando a Bulk Fill Flow y a los grupos con 2 mm de espesor. En ambos materiales, la resistencia disminuyó al aumentar la altura de la elevación, indicando que el tipo de resina y el espesor influyen directamente en el comportamiento mecánico de las restauraciones.

Conclusiones: La resina reforzada con fibras Ever X Flow, aplicada en capas de 1 mm, mostró el mejor desempeño mecánico y una mayor capacidad para resistir cargas compresivas que la resina Bulk Fill Flow. Un mayor espesor reduce la resistencia, por lo que es fundamental controlar el grosor del material durante la elevación del margen profundo. Ever X Flow a 1 mm se considera una alternativa favorable para restauraciones indirectas adhesivas, recomendándose estudios *in vivo* para confirmar su durabilidad clínica.

Palabras claves: elevación del margen, resina fluida, resina bulk, resina ever x, restauración indirecta

Abstract

Objective: This study aims to determine the compressive strength of two low-viscosity resins used in deep margin elevation.

Methods: Class II cavity preparations with proximal margins located 1 mm and 2 mm below the cemento-enamel junction were made in 48 maxillary first premolars printed in 3D resin. Two types of low-viscosity flowable composites (Bulk Flow and EverX Flow) were used for deep margin elevation, forming four experimental groups (n = 12). Indirect restorations were fabricated in 3D-printed resin (VarseoSmile Crown Plus) using computer-aided design and manufacturing (CAD-CAM). The samples were subjected to compressive strength testing using a universal testing machine (INSTRON), applying an axial load until failure. Data were analyzed using descriptive and inferential statistics. Normality was assessed with the Shapiro–Wilk test, followed by one-way ANOVA and Tukey’s post hoc test to determine significant differences among groups ($p < 0.05$).

Results: Statistically significant differences were found among the evaluated groups ($p = 0.013$). The Ever X Flow resin at 1 mm exhibited the highest compressive strength (795.1 MPa), outperforming Bulk Fill Flow and the 2 mm thickness groups. In both materials, strength decreased as the elevation thickness increased, indicating that both resin type and layer thickness directly influence the mechanical behavior of the restorations.

Conclusions: The fiber-reinforced Ever X Flow resin, applied in 1 mm layers, showed the best mechanical performance and greater ability to withstand compressive loads compared with Bulk Fill Flow resin. Increasing the thickness reduced strength, emphasizing the importance of controlling the material’s thickness during deep margin elevation. Ever X Flow at 1 mm appears to be a favorable option for adhesive indirect restorations, although in vivo studies are recommended to confirm its clinical durability.

Keywords: Deep margin elevation, flowable resin, bulk-fill resin, EverX Flow, indirect restoration

Introducción

La salud dental es un componente fundamental del bienestar general y constituye un indicador importante de la calidad de vida. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que cerca del 45% de la población mundial, equivalente a 3,5 mil millones de personas, presenta enfermedades bucodentales, siendo la caries dental la de mayor prevalencia y una de las principales causas de pérdida de estructura dental en adultos (1).

Los defectos subgingivales pueden originarse por lesiones cervicales no cariosas, por fracturas o caries extensas que con frecuencia se ubican en áreas proximales de dientes posteriores donde la visibilidad y la posibilidad de aislamiento absoluto son limitados (2). En estos casos, la profundidad del margen dental es un desafío en el tratamiento restaurador debido a que debemos tener en cuenta ciertos factores que pueden influir en el éxito o fracaso del mismo tales como: respetar el ancho biológico, la adhesión, la toma de impresión y la cementación adhesiva, pudiendo afectar la integridad marginal y la salud periodontal (3). Para garantizar la estabilidad de los tejidos de soporte, se ha establecido que debe conservarse una distancia mínima de 3 mm entre el margen restaurador y la cresta ósea, evitando así la invasión del complejo dentogingival (4).

Usualmente, el manejo de márgenes subgingivales se ha abordado mediante procedimientos quirúrgicos o mecánicos con el fin de restablecer la relación biológica adecuada entre la restauración y los tejidos periodontales. El alargamiento quirúrgico de corona y la extrusión ortodóntica son las alternativas más utilizadas para desplazar el margen hacia una posición supragingival. El alargamiento quirúrgico de corona busca exponer estructura dental sana a través de la remodelación ósea y gingival, mientras que la extrusión ortodóntica induce el movimiento coronal del diente mediante fuerzas ligeras y controladas. Sin embargo, ambos procedimientos presentan desventajas importantes ya que estos, son invasivos, requieren largos períodos de tratamiento y pueden alterar la estética gingival y la relación corona-raíz (3,5).

Como alternativa terapéutica a estas limitaciones, surge la “elevación de margen profundo” (Deep Margin Elevation, DME), propuesta por Dietschi y Spreafico en 1998, como una técnica adhesiva y mínimamente invasiva que permite reposicionar los márgenes subgingivales a una localización supragingival mediante el uso de materiales restauradores como la resina compuesta (6). La DME ofrece ventajas significativas entre las cuales están: favorece el aislamiento del campo operatorio, facilita la cementación adhesiva de restauraciones indirectas, reduce el tiempo clínico y preserva mayor cantidad de estructura dental remanente (5).

El éxito clínico de la DME depende directamente del material restaurador utilizado para elevar el margen, por lo tanto, actúa como una interfaz funcional entre la dentina y la restauración indirecta. A lo largo de la evolución de la odontología restauradora,

diferentes materiales han sido empleados con este propósito; desde la amalgama de modo que se pueda realizar una restauración fundida de oro (7), pasando por los cementos de ionómero de vidrio y sus versiones modificadas con resina, hasta las resinas compuestas y las resinas fluidas que actualmente predominan debido a su versatilidad, adaptación marginal y compatibilidad adhesiva (6)

Las resinas fluidas de baja viscosidad tipo bulk-fill se introdujeron para simplificar la técnica operatoria al permitir incrementos de mayor espesor (hasta 4 mm) sin comprometer la polimerización, reduciendo así el estrés por contracción y el tiempo clínico (8). Sin embargo, el menor contenido de carga inorgánica en su composición puede disminuir su resistencia al desgaste, módulo elástico y resistencia compresiva, factores determinantes en zonas sometidas a cargas oclusales elevadas (9).

Por otro lado, las resinas reforzadas con fibras de vidrio representan una generación avanzada de materiales restauradores, diseñadas para mejorar la resistencia estructural del diente frente a la propagación de grietas y distribuir las tensiones de manera más homogénea en el material. Su comportamiento mecánico ha mostrado ser superior al de las resinas convencionales en términos de tenacidad a la fractura, resistencia compresiva y durabilidad bajo carga cíclica, lo que las convierte en una alternativa prometedora para la técnica de elevación de margen profundo (10).

Las restauraciones indirectas consisten en crear restauraciones fuera de boca utilizando una impresión de los dientes preparados, indicadas para defectos grandes en los dientes posteriores, ya que estas, reducen los riesgos de contracción por polimerización, permite una morfología oclusal más precisa, mejora un contorneado proximal y presentan un enfoque más conservador en comparación con las coronas completas convencionales (11). Por ende, se utilizan tres técnicas principales para fabricar restauraciones de composite indirectas que son: directa, semidirecta e indirecta y dentro de estas técnicas, existen tres métodos de producción disponibles: convencional (CRC), fresado (MRC) e impreso (PRC)(12).

Dentro del grupo de materiales la resina impresa; la resina VarseoSmile Crown Plus (BEGO) representa una de las innovaciones más destacadas en materiales restauradores impresos. Se trata de un composite híbrido reforzado con relleno cerámico, desarrollado específicamente para la fabricación 3D de restauraciones permanentes, tales como coronas individuales, inlays, onlays y carillas, tanto en sectores anteriores como posteriores. (13).

Dado que la respuesta mecánica de una restauración no depende únicamente del material impreso, sino también del comportamiento del sustrato sobre el cual se asienta, comprender la interacción entre el tipo de resina empleada para la elevación del margen profundo, el grosor del material utilizado y el comportamiento compresivo final, tanto de la restauración indirecta como de la elevación de margen en resina, resulta fundamental para optimizar la longevidad clínica de los tratamientos restauradores adhesivos indirectos.

Por ende, este artículo tuvo como objetivo determinar la resistencia compresiva de dos tipos de material restaurador de baja viscosidad en dientes con defectos de márgenes profundos de 1 mm y 2 mm en el sector posterior restaurados con resina impresa. La hipótesis nula adoptada fue que no hay diferencias significativas en la resistencia compresiva de las resinas reforzada con fibra de vidrio y resina con partículas de vidrio realizando una elevación de margen en dientes con defectos de márgenes profundos 1mm y 2mm.

Materiales y métodos

Este estudio es un estudio experimental in vitro en el cual se evaluó la resistencia compresiva de dos tipos de resinas fluidas

Selección de muestra

Se realizaron 48 primeros premolares superiores derechos elaborados mediante impresión 3D (Protec DM020 Model), los cuales se dividieron en cuatro grupos experimentales (n=12) según el tipo de resina utilizada para la elevación de margen profundo (Bulk Flow y Ever X Flow) y la altura de la resina (2 mm y 3 mm) y la profundidad de los defectos del margen (1 mm y 2 mm) respectivamente.

la preparación fue una cavidad clase II con defectos de margen proximal profundo, sobre la cual se realizó la elevación correspondiente. Posteriormente, las muestras fueron escaneadas digitalmente y se diseñaron las restauraciones tipo inlay mediante un software CAD, para su posterior impresión en resina VarseoSmile Crown Plus.

Todos los procedimientos fueron supervisados y validados por el asesor científico responsable del estudio. Finalmente, las muestras se encofraron en acrílico transparente para ser sometidas a ensayo de resistencia compresiva utilizando una máquina universal (INSTRON).

Tamaño de muestra:

El tamaño de la muestra se determinó por medio de G*Power v. 3.1.6 teniendo en cuenta un efecto de error 0.8, una potencia de 80% y una confianza del 95%, obteniendo una muestra de N=48

División de grupos:

Grupo 1: dientes con cajuelas de 1mm de profundidad por debajo de la unión amelocementaria, realizando la reconstrucción con la resina de partículas de vidrio.

Grupo 2: dientes con cajuelas de 2mm de profundidad por debajo de la unión amelocementaria, realizando la reconstrucción con la resina de partículas de vidrio. las 48 muestras se dividieron en 4 grupos de la siguiente manera:

Grupo 3: dientes con cajuelas de 1mm de profundidad por debajo de la unión amelocementaria, realizando la reconstrucción con resina reforzada con fibra.

grupo 4: dientes con cajuelas de 2mm de profundidad por debajo de la unión amelocementaria, realizando la reconstrucción con resina reforzada con fibra.

Preparación de la cavidad

Con el propósito de estandarizar las cavidades experimentales, se seleccionaron dos dientes de ivoryna (primer premolar superior derecho), en los cuales se realizaron preparaciones clase II con márgenes proximales profundos a 1 mm y 2 mm por debajo de la unión amelocementaria (UAC). Las preparaciones se efectuaron utilizando fresas de diamante JOTA 852F.FG.014 y 846KRF.FG.018, bajo irrigación constante y siguiendo un diseño cavitario estandarizado. Posteriormente, ambos modelos fueron escaneados mediante un escáner intraoral 3Shape (Core, Copenhagen, Dinamarca) y los archivos obtenidos se convirtieron al formato STL para la impresión tridimensional de los 48 prototipos experimentales, garantizando uniformidad en las dimensiones y morfología de las cavidades. (Fig 1)

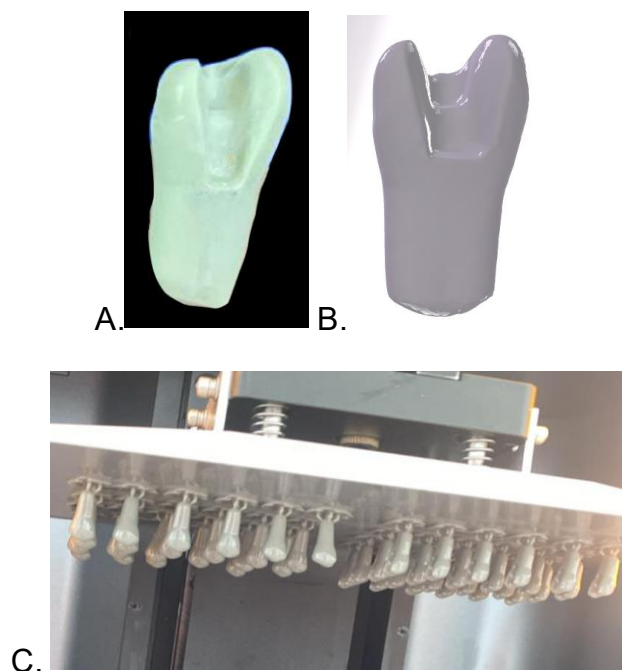


Figura 1: Preparación de los dientes de ivoryna A. archivo STL B. impresión de los prototipos C

Elaboración de la elevación del margen

Se realizó el tratamiento de superficie de las cavidades mediante arenado con óxido de aluminio de 50 μm a una presión de 2,5 bares, seguido de grabado ácido con ácido ortofosfórico al 37% durante 15 segundos con el fin de eliminar los residuos del óxido de aluminio. Posteriormente, las superficies fueron lavadas con agua y secadas con aire, para luego aplicar el adhesivo universal Ambar Universal (FGM, Brasil) de acuerdo con las indicaciones del fabricante. Se efectuó la marcación del límite de elevación, definiendo que en los márgenes situados 1 mm por debajo de la UAC se elevaron 2mm hasta dejar 1mm por encima de la UAC. En el caso de los márgenes de 2mm por debajo de la uac se llevó 3mm hasta dejar 1mm por encima de la UAC. Para el procedimiento se colocó banda matriz metálica tipo Tofflemire con un portamatriz asegurando la correcta adaptación marginal.

La elevación de margen profundo se realizó utilizando dos tipos de resina fluida: resina Tetric N-powerflow2 (Ivoclar, Suiza) y resina EverX Flow (GC, Japon), aplicadas en incrementos únicos. Cada aplicación fue fotopolimerizada durante 20 segundos con una lámpara Valo Grand (Ultradent, EEUU). (Fig. 2)



Figura 2. arenado con óxido de aluminio de 50 μm a una presión de 2,5 A. aplicar el adhesivo universal Ambar Universal (FGM) B. Elevación de margen profundo con resina Bulk Flow C. Elevación de margen profundo con Ever X Flow D.

Fabricación de la restauración

Los prototipos con la elevación del margen profundo fueron escaneados mediante un escáner intraoral, obteniéndose archivos digitales que fueron convertidos al formato STL para su procesamiento. A partir de estos modelos, se realizó el diseño digital de las restauraciones tipo inlay mediante software CAD y posteriormente se imprimieron utilizando tecnología de estereolitografía (SLA) con una impresora AccuFab-L4K (Shining 3D, China) empleando la resina híbrida VarseoSmile Crown Plus (BEGO). (fig.3)

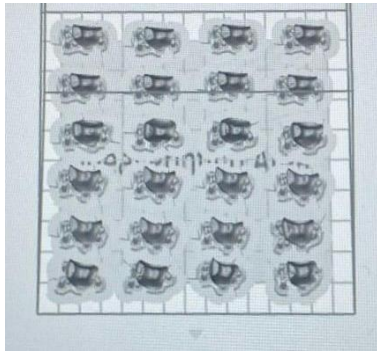


Figura 3: diseño de las preparaciones dentales

Cementación de la restauración

Las restauraciones impresas fueron grabadas con ácido ortofosfórico al 37%, secadas con aire libre de aceite y se aplicó silano (Prosil, FGM) adhesiva se realizó con cemento resinoso autoadhesivo RelyX U200 (3M ESPE, Alemania), siguiendo las instrucciones del fabricante. (Fig. 4)



Figura 4. Impresión de la restauración definitiva con resina VarseoSmile Crown Plus (BEGO) A. impresora Shining 3D B. Tratamiento de superficie mediante arenado con óxido de aluminio de 50 μm a 2,5 bares de presión C. aplicación de ácido ortofosforico al 37% C. Cementación con cemento resinoso autoadhesivo RelyX U200 (3M) D.

Proceso de pulido y acabado

Las restauraciones fueron pulidas y brilladas con el sistema de discos soflect (3M, EEUU) para unificar la superficie. Cada espécimen fue encofrado en acrílico transparente dejando un margen de 3 mm por debajo de la elevación, con el fin de simular la cresta alveolar y asegurar una base estable durante la prueba mecánica. (Fig.5)

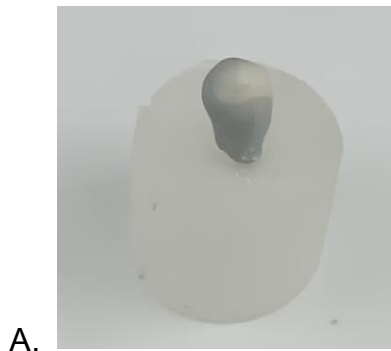


Figura 6: Encofrado de las muestras en acrílico transparente A

Test de resistencia compresiva

La evaluación de la resistencia compresiva se llevó a cabo siguiendo los lineamientos de la norma ISO 604:2002, utilizando una máquina universal de ensayos Instron 3366. La carga fue aplicada de manera axial y continua sobre la superficie oclusal de cada restauración. (Fig.6)

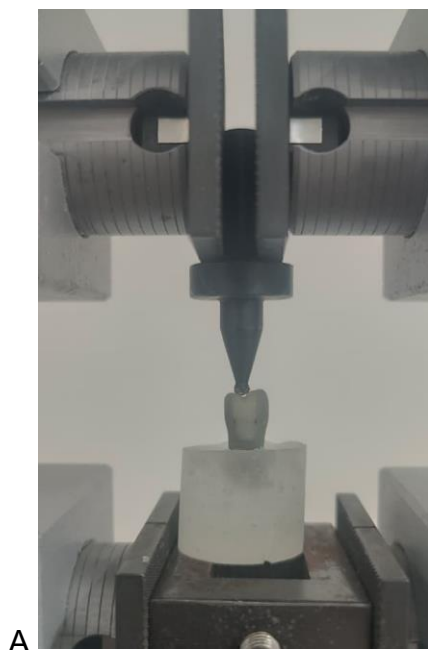


Figura 6. máquina universal de ensayos Instron (A).

Resultados

Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los diferentes grupos experimentales (Tabla.1). El cual los resultados mostraron valores de $p > 0.05$ en todos los grupos lo que indica que los datos presentan una distribución normal.

Por consiguiente, se aplicó pruebas estadísticas paramétricas para la comparación entre los grupos, donde los valores promedio de resistencia compresiva para los grupos evaluados se presentan en la (Tabla 2). El grupo Ever X Flow 1 mm registró la mayor media (795,1 MPa), seguido por Bulk flow 1 mm (706,1 MPa), mientras que los valores más bajos se observaron en las resinas Bulk flow 2 mm (638,6 MPa) y Ever X Flow 2 mm (633,4 MPa). La gráfica de barras (Figura 7) muestra visualmente esta tendencia, evidenciando una mayor resistencia en los grupos con espesores de 1 mm en comparación con los de 2 mm, especialmente en la resina EVER X Flow.

El análisis de Varianza (ANOVA) reveló diferencias estadísticamente significativas en el comportamiento mecánico de los materiales evaluados ($p = 0,013$). Para determinar entre qué grupos se presentaban dichas diferencias, se aplicó la prueba post hoc de Tukey (Tabla 3). Los resultados mostraron una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos EVER X 1 mm y EVER X 2 mm ($p < 0,05$), mientras que las comparaciones restantes no evidenciaron diferencias significativas.

Al comparar los materiales a igual espesor, EverX Flow superó consistentemente a Bulk Fill tanto a 1 mm como a 2 mm, lo que confirma el efecto positivo del refuerzo con fibras cortas sobre la capacidad compresiva del material. Este comportamiento indica que el tipo de resina y el espesor influyen directamente en la respuesta mecánica de las elevaciones de margen profundo restauradas con inlays impresos en resina 3D

Resistencia		
Grupo	Shapiro-Wilk	p valor
Bulk 1 mm	0,941	0,515
Bulk 2 mm	0,928	0,355
EVER X 1 mm	0,912	0,227
EVER X 2 mm	0,909	0,206

Tabla 1. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk

Grupo	Media (MPa)	DE	Mínimo	Máximo	ANOVA	P=valor
Bulk 1 mm	706,148	119,363	528,73	893,327	3,986	0,013
Bulk 2 mm	638,594	99,148	507,078	788,428		
Ever X 1 mm	795,106	163,08	586,668	1077,722		
Ever X 2 mm	633,436	134,13	480,618	893,763		

Tabla 2. Valores descriptivos de resistencia compresiva (MPa) de los grupos experimentales y resultado del análisis de varianza (ANOVA).

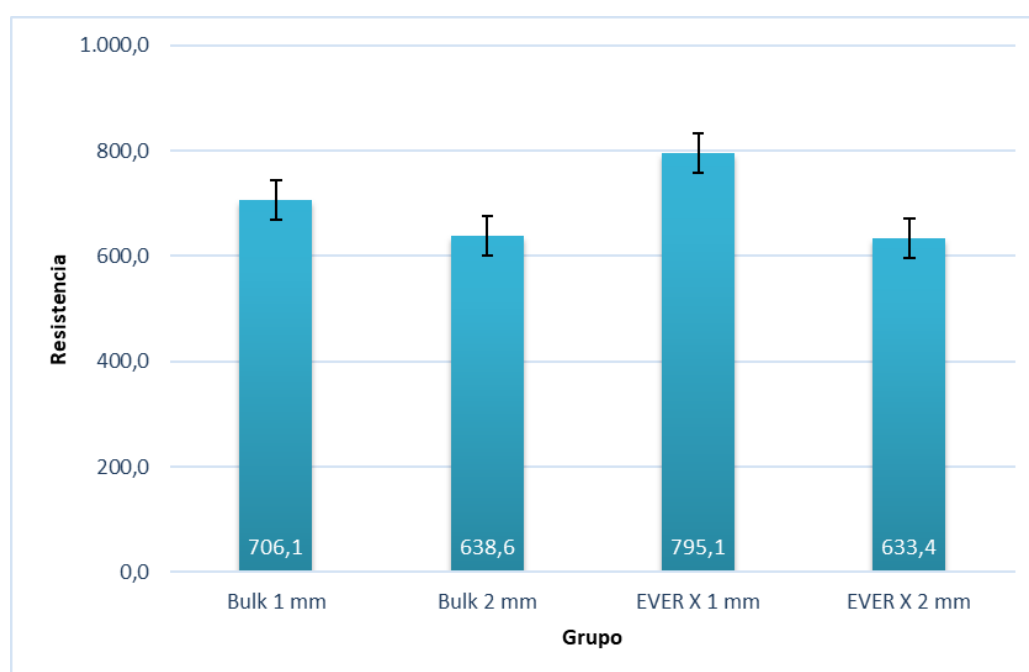


Figura 7: Grafico de barras de la media de la resina Bulk y Ever X a diferentes espesores (1 mm y 2 mm)

		Bulk 1 mm	Bulk 2 mm	EVER X 1 mm	EVER X 2 mm
Bulk 1 mm	Diferencia de medias	—	67,555	-88,957	72,712
	Estadístico Tukey	—	1,263	-1,663	1,359
Bulk 2 mm	Diferencia de medias		—	156,512*	5,157
	Estadístico Tukey		—	-2,926	0,096
EVER X 1 mm	Diferencia de medias			—	161,670*

	Estadístico Tukey	—	3,023
EVER X 2 mm	Diferencia de medias		—
	Estadístico Tukey		—
* p<0,05			

Tabla.3 Prueba post hoc de Tukey para la comparación de medias de resistencia compresiva entre los grupos. Diferencia significativa entre Ever X 1 mm y Ever X 2 mm ($p < 0,05$).

DISCUSIÓN

En este estudio in vitro se evaluó la resistencia compresiva de la resina Ever X Flow y Bulk Fill Flow a diferentes profundidades de 1 mm y 2 mm cada una, donde los resultados del estudio evidenciaron que tanto el tipo de resina fluida como el espesor de aplicación influyen significativamente en la resistencia compresiva de las elevaciones de margen profundo restauradas con resina.

Este hallazgo concuerda con lo reportado por Lassila y Garoushi quienes demostraron que las resinas reforzadas con fibras cortas presentan una mayor tenacidad a la fractura y resistencia estructural, debido a la capacidad de las fibras para distribuir tensiones y limitar la propagación de grietas dentro de la matriz polimérica. (10)

El grupo EverX Flow 1 mm obtuvo los valores más altos de resistencia compresiva (795,1 MPa), superando a los demás grupos. Este comportamiento puede atribuirse al efecto de refuerzo generado por las fibras cortas de vidrio, las cuales actúan como puentes de unión que redirigen y disipan las tensiones durante la aplicación de la carga, lo que reduce la probabilidad de fractura. Estos resultados son consistentes con los descritos por Acurio y Eggmann quienes destacaron el papel determinante de la composición del material y del espesor en el desempeño mecánico de las restauraciones adhesivas.

En contraste, los valores de resistencia compresiva disminuyeron a medida que aumentó el espesor de la elevación. En ambos materiales, la resistencia promedio se redujo al pasar de 1 mm a 2 mm, lo que podría explicarse por el incremento del estrés por contracción de polimerización y la menor transmisión de energía lumínica en capas más gruesas, afectando la conversión y la integridad estructural del material. Además, al emplear un espesor de 1 mm, se favorece una polimerización más uniforme, evitando defectos internos asociados con la conversión incompleta de monómeros, lo cual contribuye a una mejor estabilidad mecánica. Este fenómeno ha sido previamente descrito en resinas *bulk-fill* de baja viscosidad por Ojeda, quienes reportaron una disminución del rendimiento mecánico en incrementos superiores a 2 mm debido a limitaciones en la polimerización y acumulación de tensiones internas.

Asimismo, la reducción de la resistencia compresiva observada con espesores mayores coincide con lo mencionado por Cardoso y Magne, quienes enfatizan que un incremento excesivo en la altura del material restaurador puede alterar la distribución de fuerzas oclusales, comprometer la adhesión y generar zonas de concentración de tensiones que afectan la longevidad del sistema adhesivo. Del mismo modo, Eggmann señalaron que la correcta aplicación de la técnica de elevación de margen profundo (DME) depende en gran medida del control del espesor del material para mantener la estabilidad biomecánica de la restauración.

Por su parte, las resinas tipo bulk-fill, aunque diseñadas para permitir incrementos de hasta 4 mm, mostraron valores inferiores de resistencia en comparación con la resina reforzada con fibras. Este comportamiento podría asociarse a su menor contenido de carga inorgánica y a un módulo elástico más bajo, lo cual disminuye la capacidad del material para soportar cargas compresivas elevadas, especialmente en restauraciones posteriores, tal como señalan Van Ende y Taylor & Burns.

El desempeño superior de EverX Flow coincide con los hallazgos de Lassila, quienes demostraron que la inclusión de fibras cortas en la matriz resinosa incrementa la resistencia a la compresión y mejora la distribución de tensiones internas, haciendo del material una alternativa adecuada para zonas de alta carga oclusal. De igual forma, Garoushi confirmaron que las fibras dispersas de manera homogénea actúan como mecanismos de refuerzo, limitando la propagación de fisuras y manteniendo la cohesión estructural bajo carga repetitiva.

En los ensayos clínicos revisados, las incrustaciones de disilicato de litio (IPS e.max) muestran valores mecánicos elevados, con una resistencia flexural reportada de ≈ 530 MPa y una elevada tenacidad/rigidez que se traduce en un módulo elástico alto propio de las cerámicas de vidrio-cristalinas.(14) En comparación, las resinas fresadas CAD/CAM y los híbridos cerámico-poliméricos (p. ej. *VITA ENAMIC*) presentan menores valores de resistencia flexural (en torno a ≈ 150 – 160 MPa) y un módulo de elasticidad intermedio, cercano a ≈ 8 – 30 GPa, lo que les confiere menor rigidez pero mayor capacidad de absorber y disipar tensiones.(15) Respecto a las resinas 3D-impresas para restauraciones definitivas, materiales comerciales como *Varseo Smile Crown plus* reportan una resistencia flexural de ≈ 116 – 150 MPa y un módulo de flexión de ≈ 4.09 GPa (ficha técnica), situándose por debajo de las resinas fresadas en rigidez pero con prestaciones mecánicas suficientes para indicación indirecta cuando se controla el post-curado y la orientación de impresión.(16) En cuanto a los materiales empleados para la elevación de margen, los bulk-fill presentan rangos de módulo elástico y resistencia variable según la formulación, pero la revisión y estudios comparativos indican valores de módulo típicos en el rango de ≈ 6 – 15 GPa y resistencia mecánica intermedia, dependiendo de la marca y del grado de carga de relleno.(17) Finalmente, los composites reforzados con fibras como everX Posterior y su versión fluida everX Flow muestran mayor tenacidad y rigidez relativa frente a composites convencionales: las fichas técnicas y estudios indican una resistencia flexural ≈ 141 MPa y módulo elástico ≈ 12.6 GPa para everX Posterior, y para everX Flow valores de resistencia flexural ≈ 147 MPa y módulo ≈ 9 GPa, características que justifican su uso como subestructura o material de soporte en elevaciones de margen y en restauraciones de gran volumen. (18)

En cuanto a la restauración indirecta utilizada, la resina impresa 3D VarseoSmile Crown Plus (BEGO) demostró un comportamiento adecuado como material restaurador indirecto, coherente con los reportes de Suksuphan et al. (2024), quienes observaron una alta resistencia a la fractura y buena adaptación marginal en restauraciones fabricadas mediante impresión 3D en comparación con las obtenidas por fresado. Esto respalda la aplicabilidad clínica de los sistemas CAD-CAM impresos para restauraciones indirectas adhesivas, ofreciendo precisión, reproducibilidad y eficiencia en el proceso restaurador.

Finalmente, debe considerarse que el presente trabajo se desarrolló bajo condiciones in vitro, sin la influencia de variables clínicas como humedad, temperatura o cargas cíclicas. Por ello, futuros estudios in vivo son necesarios para evaluar el comportamiento a largo plazo de estos materiales bajo condiciones funcionales más realistas, tal como sugieren Eggmann et al. (2023) y Cardoso et al. (2024).

CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio permiten concluir que la resistencia compresiva de las resinas utilizadas en la elevación de margen profundo (DME) depende directamente del tipo de material empleado y de la profundidad a la que se realiza la elevación. La resina reforzada con fibras EverX Posterior mostró el mejor comportamiento mecánico cuando se aplicó a un espesor de 1 mm, alcanzando los valores más altos de resistencia compresiva. En contraste, al emplearse a 2 mm de profundidad, presentó los valores más bajos, lo que sugiere que un mayor espesor puede comprometer su desempeño estructural debido a la reducción de la eficiencia en la polimerización y al incremento del estrés interno. Por su parte, la resina Bulk Fill fluida evidenció un comportamiento clínicamente aceptable tanto a 1 mm como a 2 mm, manteniendo una resistencia adecuada para su uso en la técnica de elevación de margen profundo, aunque con valores inferiores a los obtenidos con la resina reforzada con fibras.

BIBLIOGRAFIA

1. Organización Mundial de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 2022 [cited 2024 Nov 3]. La OMS destaca que el descuido de la salud bucodental afecta a casi la mitad de la población mundial. Available from: <https://www.who.int/es/news/item/18-11-2022-who-highlights-oral-health-neglect-affecting-nearly-half-of-the-world-s-population>
2. Abad Cordero DS, Reinoso Ortiz SA, Cedeño Zambrano DA, León Velastegui M. Elevación de margen profundo, Revisión sistemática. *Anatomía Digital*. 2023 Dec 28;6(4.3):401–24.
3. Eggmann F, Ayub JM, Conejo J, Blatz MB. Deep margin elevation—Present status and future directions. Vol. 35, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. John Wiley and Sons Inc; 2023. p. 26–47.
4. Gonzalez Rodas EE, Lema Mosquera VR, Tamariz Ordoñez PE. Elevación del margen profundo: Una revisión bibliográfica de la adaptación y resistencia a la fractura. *Research, Society and Development*. 2024 Jun 7;13(6):e3313645670.

5. Magne P, Spreafico RC, Paul J, Vargas R. Elevación del margen profundo: Un cambio de paradigma. Vol. 2, Am J Esthet Dent. 2012.
6. Liatukas E, D.M.D, D DS, M.S. Restoring a deep gingival wall with amalgam for a cast gold restoration. 1968.
7. Dietschi Didier, Spreafico Roberto. CURRENT CLINICAL CONCEPTS FOR ADHESIVE CEMENTATION OF THOOTH-CLORED POSTERIOR RESTORATIONS. Practical Periodontics & aesthetic dentistry. 1998;
8. Ojeda GD, Tisi JP, Urzúa I. Clinical Alternatives for the Use of Compactable and Flowable Bulk-Fill Composites: A Step-by-Step Case Report. Odovtos - International Journal of Dental Sciences. 2021;23(1):31–42.
9. Van Ende A, De Munck J, Diogo /, Lise P, Meerbeek B Van. Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. J Adhes Dent. 2017;19(2):95–109.
10. Lassila L, Keulemans F, Säilynoja E, Vallittu PK, Garoushi S. Mechanical properties and fracture behavior of flowable fiber reinforced composite restorations. Dental Materials. 2018 Apr 1;34(4):598–606.
11. Incekara MS, Karadas M. Clinical comparison of direct and indirect class II composite restorations: a prospective 12-month follow-up study. BMC Oral Health. 2025 Dec 1;25(1).
12. Tribst JPM, Veerman A, Pereira GKR, Kleverlaan CJ, Dal Piva AM de O. Comparative Strength Study of Indirect Permanent Restorations: 3D-Printed, Milled, and Conventional Dental Composites. Clin Pract. 2024 Oct 1;14(5):1940–52.
13. Suksuphan P, Krajangta N, Didron PP, Wasanapiarnpong T, Rakmanee T. Marginal adaptation and fracture resistance of milled and 3D-printed CAD/CAM hybrid dental crown materials with various occlusal thicknesses. J Prosthodont Res [Internet]. 2024 [cited 2025 Oct 18];68(2):326–35. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37438119/>
14. Ahmad M. Al-Thobity a, Abdulmohsen Alsalman Flexural properties of three lithium disilicate materials: An in vitro evaluation. Received 23 December 2019; revised 1 July 2020; accepted 8 July 2020 Available online 6 August 2020 <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2020.07.004>
15. Alexis Go ujat , Hazem Abouelleil, Pierre Colon, Christophe Jeannin, Mechanical properties and internal fit of 4 CAD-CAM block materials Prosthet Dent 2018 Mar;119(3):384-389. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.03.001. Epub 2017 May 26.
16. Elisabeth Prause, Tine Malgaj, Andraž Kocjan MCheE, Florian Beuer, Jeremias, Peter Jevnikar, Franziska Schmidt Dr. Mechanical properties of 3D-printed and milled composite resins for definitive restorations: An in vitro comparison of initial strength and fatigue behavior. 07 September 2023 <https://doi.org/10.1111/jerd.13132>
17. Lucas Lara, Mateus Garcia Rocha, Livia Rodrigues Menezes, Américo Bortolazzo Correr, Mario Alexandre Coelho Sinhoreti, Dayane Oliveira Mechanical properties of bulk-fill composite resin with or without a final layer of conventional composite resin. Gen Dent 2022 May-Jun;70(3):60-64. PMID: 35467546
18. Hazem Abouelleil, Nelly Pradelle, Cyril Villat, Nina Attik, Pierre Colon, Brigitte Grosogeat, Comparison of mechanical properties of a new fiber reinforced composite and bulk filling composites. Research article. Received April 2, 2015; Accepted June 30, 2015.